

Lampowy nadajnik AM

Jak „ożywić” stary odbiornik lampowy

Prezentowane urządzenie pozwala w nieskomplikowany sposób przywrócić samemu radiodbiornikowi dawną świetność i czar, samemu mając lampowy urok. Nadajnik ma na tyle małą moc wyjściową, że skutki jego działania nie powinny być odczuwalne w promieniu większym niż kilka metrów.

Rekomendacje: opis nadajnika publikujemy wyłącznie w celach edukacyjnych, ponieważ nadawanie w paśmie radiowym wymaga koncesji i zezwolenia.

Współcześnie mało kto słucha stacji radiowych na falach długich lub średnich. Ograniczone pasmo przenoszenia, podatność na zakłócenia oraz konieczność stosowania wysokich – a przez to drogich – masztów nadawczych zepchnęły je do lamusa. Królujący dziś zakres UKF nie jest obsługiwany przez starsze odbiorniki. Wiele z nich, takie jak popularny niegdyś „Pionier”, nie mają nawet wejścia gramofonowego, by móc do nich podłączyć odtwarzacz. Czy stare, a niekiedy wręcz zabytkowe i unikatowe odbiorniki skazane są na wieczne milczenie? Ależ nie!

Zasada działania

Schemat urządzenia znajduje się na **rysunku 1**. Sygnał audio o amplitudzie kilkuset miliwoltów (pochodzący np. z karty dźwiękowej komputera albo odtwarzacza CD) jest podawany na złącze J1. Rezystory R1 i R2 realizują bardzo prosty sumator dwóch kanałów stereofonicznych w pojedynczy, monofoniczny. Pamiętajmy, że emisja na zakresach fal długich, średnich i krótkich jest wyłącznie monofoniczna. Kondensator C1 usuwa składową stałą, która mogłaby zakłócać pracę przedwzmacniacza przesuwając jego punkt pracy oraz wywoływać trzaski podczas dokonywania regulacji potencjometrem P1. Rezystor R3, włączony pomiędzy masę a ślizgacz P1, ma za zadanie utrzymanie siatki sterującej na potencjale masy, nawet w wypadku utraty styku wewnątrz potencjometru. Dopiero w takiej sytuacji jest możliwe automatyczne spolaryzowanie siatki: prąd płynący przez opornik katodowy R7



wywołuje na nim spadek napięcia, co z kolei przekłada się na podniesienie potencjału katody do ok. +1 V. Dzięki temu siatce „wydaje się”, że względem katody jest na potencjale ok. -1 V, co w następstwie umożliwi prawidłową pracę lampy, bez słyszalnego zniekształcenia wzmacnianego sygnału. Rezystor R4, włączony w szereg z siatką sterującą, to tzw. rezystor antyparazytowy, którego głównym zadaniem jest zmniejszenie prawdopodobieństwa powstania oscylacji w układzie przedwzmacniacza, a to za sprawą utworzenia wraz z pasywnymi pojemnościami wewnętrznymi lampy filtru dolnoprzepustowego, który ogranicza wzmocnienie dla wielkich częstotliwości. Rezystor R5 ustala punkt pracy siatki ekranującej pentody, która powinna znajdować się na wysokim – rzędu kilkudziesięciu woltów – potencjale względem masy. R6 zamienia wahania prądu anody, wywołane zmieniającym się potencjałem S1, na wahania napięcia. W ten sposób uzyskaliśmy kilkudziesięciokrotnie wzmocniony sygnał audio. Jako, że znajduje się on na podnośnej składowej stałej, musi ona zostać usunięta przy użyciu kondensatora C4. Dopiero wtedy może zostać podany na siatkę sterującą heptody, która zostanie omówiona nieco później. Kondensatory C2 i C3 zwierają do masy składową zmienną, dodatkowo podnosząc wzmocnienie.

Oprócz sygnału audio, do emitowania fal elektromagnetycznych potrzebne jest również źródło drgań wielkiej częstotliwości. Tą kwestią została obciążona trioda w lampie

Podstawowe informacje:

- Projekt edukacyjny!
- Płytką drukowaną 135 mm×120 mm.
- Zasilanie 230 V AC/9 W.
- Praca z modulacją AM w zakresie 870...920 kHz (fśr.=900 kHz) lub 277...282 kHz (fśr.=280 kHz).
- Niewielka moc wyjściowa (zasięg kilku metrów np. w obrębie pokoju).

Dodatkowe materiały na CD/FTP:

<ftp://ep.com.pl>, user: 18978, pass: 8mia4185

- wzory płytek PCB
- karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w Wykazie elementów kolorem czerwonym

V2. Pracuje w układzie generatora Colpittsa, który został wybrany do tego układu ze względu na prostotę cewek (można zastępować gotowe dławiki) oraz stabilność częstotliwości uzyskiwanych drgań. Podstawowy układ generatora Colpittsa, zwanego też generatorem z dzieloną pojemnością, znajduje się na **rysunku 2**. Opracował go amerykański inżynier Edwin H. Colpitts w roku 1920. Do-

REKLAMA

Projekty na

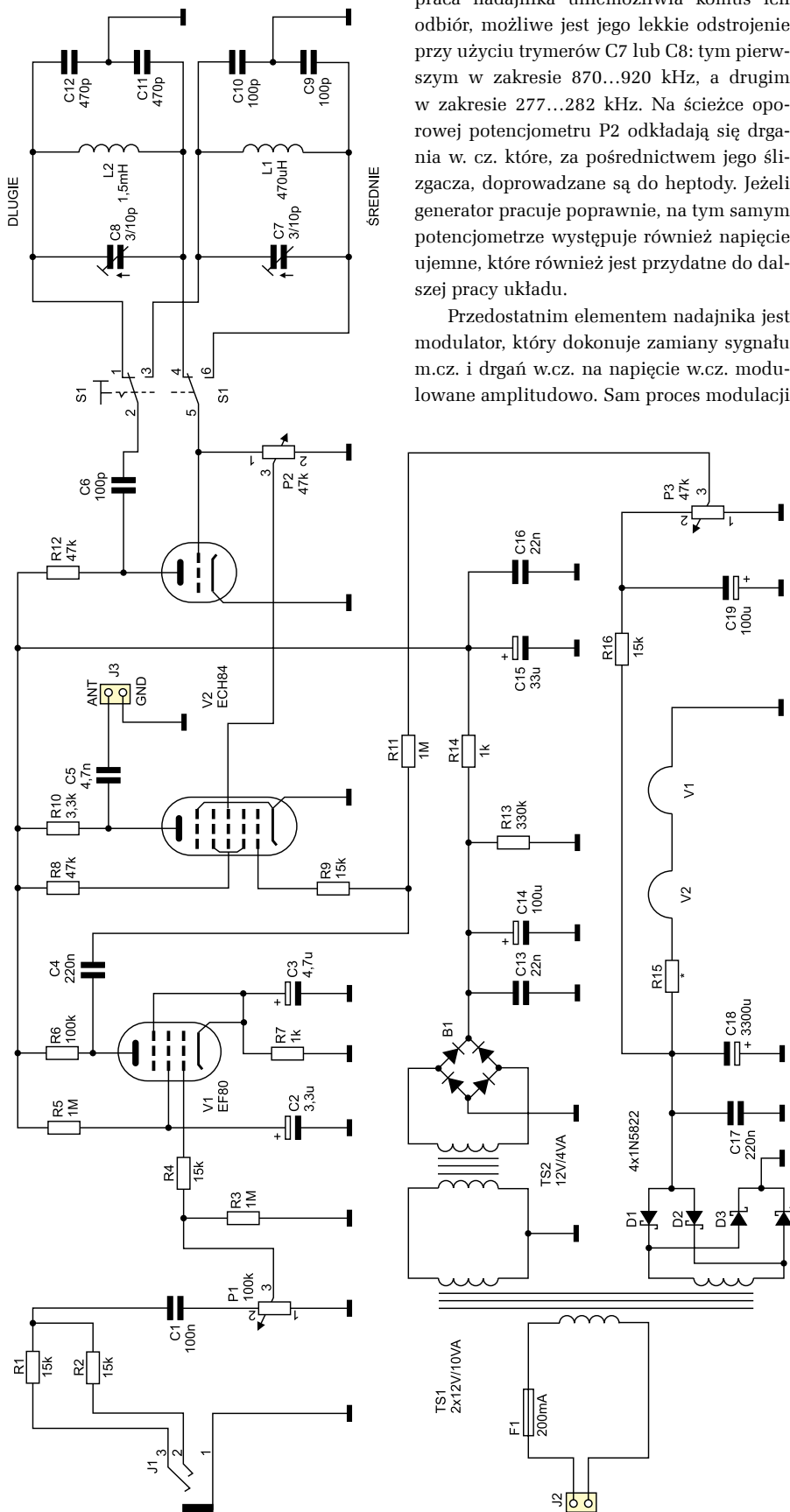
STM32

www.stm32.eu

ST **KAMAMI**
life.augmented

datnie sprzężenie zwrotne powstaje poprzez dzielnik napięciowy złożony z kondensatorów CS1 i CS2.

Do triody V2, za pośrednictwem dwusekcyjnego przełącznika S1, dołącza się jeden z dwóch obwodów rezonansowych.



Rysunek 1. Schemat nadajnika wraz z zasilaczem.

Jeden z nich obliczony jest do pracy na częstotliwości ok. 280 kHz (zakres fal długich), a drugi ok. 900 kHz (zakres fal średnich). Sprawdzone empirycznie, że w okolicach tych częstotliwości nie jest słyszalna żadna stacja komercyjna, a gdyby okazało się, że praca nadajnika uniemożliwia komuś ich odbiór, możliwe jest jego lekkie odstrojenie przy użyciu trymerów C7 lub C8: tym pierwszym w zakresie 870...920 kHz, a drugim w zakresie 277...282 kHz. Na ścieżce oporowej potencjometru P2 odkładają się drgania w cz. które, za pośrednictwem jego ślizgacza, doprowadzane są do heptody. Jeżeli generator pracuje poprawnie, na tym samym potencjometrze występuje również napięcie ujemne, które również jest przydatne do dalszej pracy układu.

Przedostatnim elementem nadajnika jest modulator, który dokonuje zamiany sygnału m.cz. i drgań w.cz. na napięcie w.cz. modulowane amplitudowo. Sam proces modulacji

i jego skutki są powszechnie znane, dlatego nie zostaną tu szczegółowo opisane. Szerszego omówienia wymaga natomiast zastosowana w nim lampa, która nie ma żadnego zastosowania w technice audio, czyli miejscu, gdzie „szklane bańki” mają swoje miejsce po dzień dzisiejszy.

Jak widać na pierwszy rzut oka, odznacza się ona dużą ilością siatek, wynoszącą aż pięć sztuk. Z tego powodu jej nazwa systematyczna to heptoda, gdyż posiada łącznie siedem elektrod. Nazwy każdej z nich wyszczególnione są na **rysunku 3**.

Żarzona katoda emituje elektrony, które są przyciągane przez anodę, znajdującą się pod wysokim, względem katody, napięciem dodatnim. Zmieniając napięcie na siatkach sterujących reguluje się ilość elektronów docierających do swego celu, czyli – innymi słowy – prąd anody. Jako, że są tutaj dwie siatki modulujące ten sam strumień elektronów (rzecz niespotykana w lampach przeznaczonych do audio), mamy podwójne

Wykaz elementów

Rezystory: (o mocy 0,25 W, jeżeli nie podano inaczej)

- R1, R2, R4, R9, R16: 15 kΩ
- R3, R11: 1 MΩ
- R5: 1 MΩ/0,5 W
- R6: 100 kΩ/0,5 W
- R7, R14: 1 kΩ
- R8, R12: 47 kΩ/0,5 W
- R10: 3,3 kΩ/0,5 W
- R13: 330 kΩ/0,5 W
- R15: wg opisu
- P1: 100 kΩ /B (logarytmiczny)
- P2, P3: 47 kΩ/A (montażowe, leżące)

Kondensatory:

- C1: 100 nF/100 V
- C2: 3,3 μF/400 V
- C3: 4,7 μF/16 V
- C4: 220 nF/400 V
- C5: 4,6 nF/1500 V
- C6: 100 pF/1 kV
- C7, C8: trymer 3/10 pF lub inne
- C9, C10: 100 pF/50 V
- C11, C12: 470 pF/50 V
- C13, C16: 22 nF/400 V
- C14: 100 μF/400 V
- C15: 33 μF/400 V
- C17: 220 nF/20 V
- C18: 3300 μF/25 V
- C19: 100 μF/25 V

Półprzewodniki:

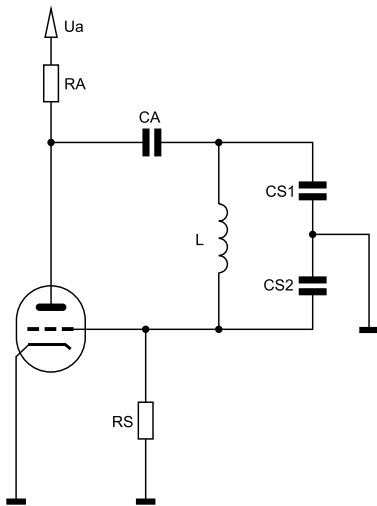
- D1...D4: 1N5822
- B1: mostek Graetzta 1A/1000V

Inne:

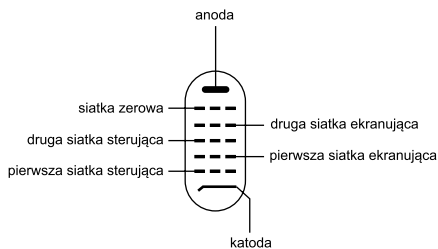
- F1 bezpiecznik zwłoczny 200 mA + oprawka
- J1: złącze audio (opis w tekście)
- J2, J3: ARK2 5 mm
- L1: dławik osiowy 470 μH
- L2: dławik osiowy 1,5 mH
- S1: przełącznik dzwigniowy miniaturowy, dwusekcyjny ON-ON
- TS1: transformator zalewany do druku 2×12 V 10 VA
- TS2: transformator zalewany do druku 12 V 4 VA
- V1: lampa EF80
- V2: lampa ECH84

Dwie podstawki typu „noval” do druku





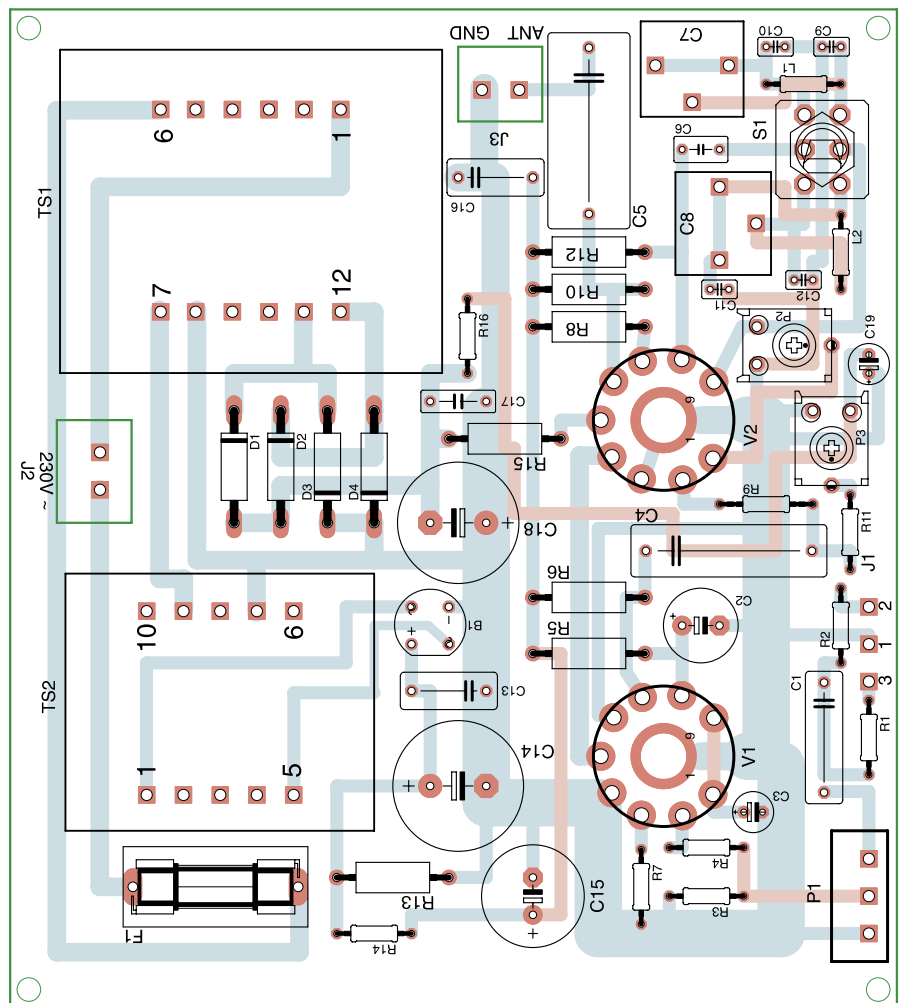
Rysunek 2. Podstawowy, książkowy układ generatora w układzie Colpittsa z triodą jako elementem wzmacniającym.



Rysunek 3. Nazwy elektrod w heptodzie.

sterowanie: przyrównać to można do dwubramkowego tranzystora FET.

Pierwsza siatka ekranująca, będąca na wysokim, ale niższym niż anoda, potencjale dodatnim, zmniejsza wzajemny wpływ siatek sterujących na siebie. Z kolei druga siatka ekranująca pełni tę samą funkcję, co siatka ekranująca w pentodzie, czyli zmniejsza wpływ anody na siatki sterujące oraz znacznie redukuje pasożytniczą pojemność między tymi elektrodami. W odbiornikach radiowych pełniły one rolę mieszaczy, czyli układów produkujących sygnał częstotliwości pośredniej przy pomocy lokalnego generatora – heterodyny. Jeżeli heterodyna realizowana była na oddzielnej lampie, z reguły triodzie (najczęściej umieszczonej w tej samej bańce co heptoda), wówczas siatki ekranujące były połączone razem już wewnątrz lampy. Taka konfiguracja była najczęściej spotykana i nosiła miano heptody heksodowej, gdyż na zewnątrz lampy ta miała wyprowadzone tylko sześć elektrod. Innym rozwiązaniem było zastosowanie możliwego do wyodrębnienia wewnątrz heptody układu: katoda + pierwsza siatka sterująca + pierwsza siatka ekranująca jako triody pracującej w heterodynie. Wtedy lampę taką nazywać można heptodą oktodową, gdyż pracuje podobnie jak oktoda, lampy ośmioelektrodowa. Pomysł ten nie zdobył jednak szerszego uznania i w czasach powojennych był spotykany sporadycznie, głównie w odbiornikach bateryjnych (1R5T, 1H33).



Rysunek 4. Schemat montażowy nadajnika

Ostatnia siatka ma w zasadzie najwięcej nazw spośród pozostałych elektrod: nazywa się ją siatką zerową, chwytaną, hamującą lub antydynatronową. Jest bardzo rzadko nawinięta i umieszczona na potencjale katody. Jej zadaniem jest przechwytywanie elektronów, które osiadły na siatce ekranującej, ale zostały z niej wybite przez, pochodzące z katody, elektrony o dużym pędzie. Gdyby te ponownie wyemitowane elektrony (stąd ich nazwa: elektrony wtórne) doleciały do anody, wówczas wzrosłby jej prąd, ale nie stałoby się to na wskutek zmiany napięcia na siatkach sterujących – pogorszyłyby się parametry lampy! Ta zaporę działa też w drugą stronę: kiedy anoda ma potencjał dużo niższy niż siatka ekranująca (a takie sytuacje mają miejsce np. w stopniach końcowych wzmacniaczy mocy), wówczas niektóre elektrony mogą przelecieć przez zwoje siatki ekranującej, zwolnić przed anodą i... zawrócić do siatki, zwiększając jej prąd oraz moc na niej traconą – jest to tzw. zjawisko dynatronowe. Dołożenie siatki zerowej radykalnie zmniejsza skalę tegoż.

W omawianym układzie, jedna siatka sterująca spolaryzowana jest napięciem ok. -4V produktów oddzielnego zasilacza, dru-

gą natomiast zasilana jest produktami oscylatora. Jednym z produktów przemiany w heptodzie jest przebieg wielkiej częstotliwości zmodulowany amplitudowo, który odkłada się na rezystorze anodowym R10. Kondensator C5 nie dopuszcza składowej stałej na wyjście antenowe. Wprawdzie powinny na owym wyjściu znaleźć się odpowiednie filtry, blokujące przedostawanie się do anteny harmonicznych uzyskanego sygnału, lecz okupione byłyby to skomplikowaniem całego układu. Ich moc jest na tyle mała, iż, używając nadajnika z niewielką anteną

REKLAMA

Projekty na... Texas

STM32

www.stm32.eu

KAMAMI

life.augmented

Tabela 1. Podstawowe informacje o użytych lampach.

Typ	EF80	ECH84
Cokół	Noval	
Zawarte systemy	Pentoda	Heptoda + trioda
Napięcie żarzenia	6,3V ±5%	
Prąd żarzenia	300mA ±5%	
Pierwotne zastosowanie	Wzmacniacz p.cz. telewizorów, przedwzmacniacz m.cz.	Selektor i separator impulsów synchronizujących w TV czarno - białych
Wysokość bańki	Maks. 61mm	
Średnica bańki	Maks. 22mm	

Tabela 2. Wykaz napięć występujących w ważniejszych punktach nadajnika

Miejsce	Napięcie
Anoda V1	+100V
Siatka ekranująca V1	+30V
Katoda V1	+1V
Kondensator C14	+195V
Kondensator C16	+190V
Anoda heptody V2	+187V
Siatki ekranujące V2	+138V
Siatka triody V2	-11V (280kHz) lub -19V (900kHz)
Anoda triody V2	+98V
Zmierzono woltmierzem o oporze wewnętrznym 10 MΩ względem masy układu	

oraz w obrębie jednego pomieszczenia, można nie zawracać sobie nimi głowy.

Zasilacz układu jest lekko nietypowy: pierwszy transformator o dwóch uzwojeniach zasila żarniki lamp, a w połączeniu z drugim, podłączonym doń „odwrotnie”, dostarcza napięcia dla anod. Takie rozwiązanie zapewnia separację galwaniczną od sieci oraz radykalnie zmniejsza koszty wykonania, ze względu na zastosowanie typowych, znajdujących się w handlu transformatorów lutowanych do płytki. Żarniki lamp zasilane są napięciem ujemnym, co jednocześnie pozwala na wykorzystanie go, po dodatkowym odfiltrowaniu w obwodzie R16-C19, do spolaryzowania siatki heptody. Zrealizowanie mostka Graetza na diodach Schottky’ego ogranicza spadek napięcia na nim do ok. 0,6V, co może mieć wpływ na ustalenie prawidłowych warunków pracy lamp, o czym dalej. Rezystor R13, włączony równolegle do kondensatorów w filtrze wysokiego napięcia, zapewnia ich rozładowanie po wyłączeniu zasilania.

Do budowy przedstawionego nadajnika użyto dwóch lamp: EF80 i ECH84. Zostało to podyktowane niską ich ceną, łatwą dostępnością oraz odpowiednimi parametrami. Podstawowe informacje zamieszczono w tabeli 1. Nie jest ważne, jakiej one były produkcji – ważne, by były elektrycznie sprawne. Dlatego najprościej jest kupić kilka sztuk i wybrać te, które działają najlepiej. W przypadku wyjątkowo wadliwych egzemplarzy EF80 może być słyszalne

mikrofonowanie, czyli wprowadzanie do wzmacnianego sygnału dźwięku gongu po stuknięciu w blat stołu, na którym stoi nadajnik lub wręcz szumu. Wynika to z niedostatecznie sztywnej konstrukcji siatki sterującej. Nie należy traktować srebrnego nalotu wewnątrz bańki jako objawu zużycia lub uszkodzenia lampy – niejednokrotnie jest on pozostałością po procesie aktywacji katody i jego obecność w niczym nie przeszkadza.

Budowa i uruchomienie

Układ zmontowany został na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 135 mm×120 mm, którą pokazano na rysunku 4. Jako pierwsze winny zostać wlutowane dwie podstawki typu noval, które docelowo umieszczona są po przeciwnej stronie, co pozostałe elementy. Pozwala to na łatwe wyeksponowanie lamp na zewnątrz obudowy. Pozostałe podzespoły lutowane są typowo: od najniższych do najwyższych. W modelu zastosowano gotowe dławiki osiowe o odpowiedniej indukcyjności. W razie problemów ze zdobyciem dławika 1,5 mH, można go wykonać łącząc szeregowo dławiki 1 mH i 470 μH. W handlu rzadko spotyka się dwusekcyjne przełączniki dźwigniowe typu ON-ON przeznaczane do druku, został on wykonany poprzez dolutowanie odcinków drutu do egzemplarza dedykowanego do montażu z przewodami. Złącze doprowadzające sygnał audio połączone jest z płytką przy użyciu przewodu ekranowanego. Ten sposób nie narzuca jednego, określonego typu; można zastosować złącza RCA, mini-jack lub DIN, w zależności od preferencji.

Uruchomienie układu zaczyna się od zmierzenia napięć produkowanych przez zasilacz, jeszcze bez włożonych lamp. Napięcie zasilające żarniki winno wynosić ok. -15 V, zaś anodowe ok. 220 V. Nie należy się przejmować, jeżeli napięcia na „biegu jałowym” znacznie odbiegają od podanych. Po odłączeniu zasilania wsadza się lampy (uwaga na nafadowane kondensatory!) i w miejsce rezystora R15 włącza się amperomierz prądu stałego o zakresie min. 400mA. Należy dobrać w szereg z nim taki rezystor, by prąd przezeń płynący wyno-

sił 300mA ±5%. W układzie modelowym wstawianie takowego było zbędne i docelowo wlutowana została zwora.

Po ustawieniu prądu żarzenia, należy ustalić napięcie ok. -4 V na ślizgaczu potencjometru P3, zaś P2 wystarczy ustawić w połowie ścieżki. Można sprawdzić, czy oscylator pracuje poprzez pomiar napięcia stałego na ścieżce P2: miernik cyfrowy pokaże na niej napięcie rzędu minus kilkunastu woltów lub przekroczenie zakresu, jeżeli zostanie „ogłupiony” napięciem w.cz. Tak wyregulowany układ jest gotowy do działania po podłączeniu anteny w postaci kawałka drutu i źródła sygnału audio. Potencjometrem P1 reguluje się amplitudę napięcia m.cz. trafiającego na modulator, czyli również głębokość modulacji. Zbyt duża amplituda powoduje charakterystyczne charczenie dźwięku w odbiorniku, wywołane przesterowaniem przedwzmacniacza lub przemodelowaniem. Potencjometr P2 ustala amplitudę drgań w.cz. wchodzących do modulatora. Zbyt niska da małą moc wyjściową, zaś za wysoka zakłóci jego pracę, co objawi się szyczeniem i zanikiem niskich tonów w odbieranym sygnale. Z P3 wychodzi napięcie stałe polaryzujące pierwszą siatkę sterującą; zbyt niskie zatkła lampę, zaś zbyt wysokie wywoła zniekształcenia, gdy dodatkowo części sygnału m.cz. znajdują się na nieliniowym odcinku charakterystyki.

Do odbiorników z anteną zewnętrzną dobrze nadaje się kawałek izolowanego przewodu, dołączonego do złącza ANT, najlepiej ustawionego równolegle z anteną odbiornika. Złącze GND pozostaje niewykorzystane lub może posłużyć do uziemienia. Natomiast radia zawierające antenę ferrytową odbierają najlepiej, gdy do wyjścia nadajnika dołączy się cewkę zawierającą ok. 200 zw. drutu DNE o średnicy 0,1...0,2 mm nawiniętą na pręcie ferrytowym i ustawionym równolegle do tego w radiu.

Obudowa dla urządzenia powinna przede wszystkim dobrze izolować użytkownika od panującego na płytce wysokiego napięcia. Na lampy można nałożyć kubeczki ekranujące, lecz nie jest to konieczne. Rozgrzewają się do temperatury nie większej niż 55°C. Nadajnik pobiera z sieci ok. 9 W. Gdyby podczas uruchamiania pojawiły się jakieś wątpliwości, co do wartości napięć w niektórych punktach obwodu, w tabeli 2. zostały zestawione napięcia panujące w charakterystycznych miejscach prawidłowo działającego układu. Jeżeli zasłaby potrzeba obniżenia częstotliwości nadawania, można uczynić to zwiększając indukcyjność wybranej cewki lub dolutowując równolegle do niej kondensator o pojemności rzędu kilkunastu pikofaradów.

Michał Kurzela, EP